

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année Scolaire 1929-1930 N° 18

---

# Introduction électrolytique d'ions anesthésiques

---

## THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

*et soutenue publiquement le 14 Novembre 1929*

**POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

PAR

**Guy SOLEIL**

*Elève de l'Ecole du Service de Santé Militaire*

Né le 17 Mars 1906 à St-NAZAIRE (Loire Inférieure)



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

42, Quai Gailleton, 42

—  
1929



**INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE D'IONS  
ANESTHÉSQUES**



FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année Scolaire 1929-1930 N° 18

---

# Introduction électrolytique d'ions anesthésiques

---

## THÈSE

PRÉSENTÉE

à la FACULTÉ de MÉDECINE et de PHARMACIE de LYON

*et soutenue publiquement le 14 Novembre 1929*

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

**Guy SOLEIL**

*Elève de l'Ecole du Service de Santé Militaire*

Né le 17 Mars 1906 à St-NAZAIRE (Loire Inférieure)



LYON

Imprimerie BOSC Frères & RIOU

42, Quai Gailleton, 42

—  
1929

# PERSONNEL DE LA FACULTE

|                       |                  |
|-----------------------|------------------|
| Doyen honoraire ..... | M. L. HUGOUNENQ. |
| Doyen .....           | M. J. LEPINE.    |
| Assesseur .....       | M. ROLLET.       |

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, ROQUE, BARD, LANNOIS

## PROFESSEURS

|                                                           |           |                |
|-----------------------------------------------------------|-----------|----------------|
| Cliniques médicales .....                                 | } MM. PIC | PAVIOU         |
| Cliniques chirurgicales .....                             |           | TIXIER         |
| Clinique obstétricale et Accouchements .....              |           | BERARD         |
| Clinique ophtalmologique .....                            |           | VORON          |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques .....     |           | ROLLET         |
| Clinique neurologique et psychiatrique .....              |           | NICOLAS        |
| Clinique des maladies des enfants .....                   |           | LEPINE (J.)    |
| Clinique des maladies des femmes .....                    |           | MOURIQUAND     |
| Clinique d'oto-rhino-laryngologie .....                   |           | VILLARD        |
| Clinique des maladies des voies urinaires .....           |           | COLLET         |
| Clinique chirurgicale, infantile et orthopédie .....      |           | ROCHET         |
| Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie .....   |           | NOVE-JOSSERAND |
| Chimie biologique et médicale .....                       |           | CLUZET         |
| Chimie organique et Toxicologie .....                     |           | HUGOUNENQ      |
| Matière médicale et Botanique .....                       |           | MOREL          |
| Parasitologie et Histoire naturelle médicale .....        |           | BRETIN         |
| Anatomie .....                                            |           | GUIART         |
| Histologie .....                                          |           | LATARJET       |
| Physiologie .....                                         |           | POLICARD       |
| Pathologie interne .....                                  |           | DOYON          |
| Pathologie et Thérapeutiques générales .....              |           | FROMENT        |
| Anatomie pathologique .....                               |           | CADE           |
| Chirurgie opératoire .....                                |           | FAVRE          |
| Médecine expérimentale et comparée et bactériologie ..... |           | PATEL          |
| Médecine légale .....                                     |           | ARLOING (F.)   |
| Hygiène .....                                             |           | ETIENNE MARTIN |
| Thérapeutique .....                                       |           | COURMONT (P.)  |
| Pharmacie .....                                           |           | SAVY           |
| Hydrologie thérapeutique et climatologie .....            |           | LEULIER        |
|                                                           |           | PIERY          |

## PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

|                                               |            |
|-----------------------------------------------|------------|
| Chargé d'un cours de Pathologie externe ..... | MM. VALLAS |
| — — — Propédeutique de gynécologie .....      | CONDAMIN   |
| — — — Chimie minérale .....                   | BARRAL     |
| — — — Urologie .....                          | GAYET      |

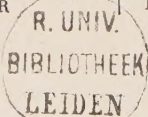
## CHARGES DE COURS COMPLEMENTAIRES

|                                                      |                     |
|------------------------------------------------------|---------------------|
| Anatomie topographique .....                         | MM. THEVENOT (Léon) |
| Puériculture et hygiène de la première enfance ..... | RHENTER             |
| Chirurgie expérimentale .....                        | TAVERNIER           |
| Applications du radium .....                         | NOGIER              |
| Stomatologie .....                                   | TELLIER             |

## AGREGES

|               |                  |            |                 |
|---------------|------------------|------------|-----------------|
| MM.           | MM.              | MM.        | MM.             |
| GARIN         | MAZEL            | CHEVALLIER | MARTIN (Joseph) |
| TRILLAT       | SANTY            | DUMAS      | ROCHET (Ph.)    |
| SARVONAT      | DUNET            | DUFOURT    | WERTHEIMER      |
| FLORENCE (G.) | CHALIER (André)  | DEVIC      | BERNHEIM        |
| ROCHAIX       | CHALIER (Joseph) | GABRIELLE  | DECHAUME        |
| RHENTER       | NOEL             | MANCEAU    | POLLOSSON       |

M. BAYLE, Secrétaire.



## EXAMINATEURS DE LA THESE

MM. CLUZET, président ; FLORENCE, assesseur ;  
CHEVALLIER et WERTHEIMER, agrégés,

*La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.*

A MA FEMME

A MA FILLE

A LA MÉMOIRE DE MES GRANDS-PARENTS O. SOLEIL

A MES GRANDS-PARENT G. PEYNEAU

A MON PÈRE, A MA MÈRE

En témoignage de ma grande  
affection et de ma profonde reconnaissance.

A MES BEAUX-PARENTS

Dont je ne compte plus les tendres attentions.

A MA SŒUR

A MON FRÈRE, A MA BELLE-SŒUR ET LEUR FILS JACQUES

A MA TANTE, A MON COUSIN : MADAME VEUVE SOLEIL  
ET MONSIEUR A. SOLEIL

A MA BELLE-SŒUR L. FALGUEYRET  
ET NOTRE TANTE M. FALGUEYRET

A MES COUSINS, COUSINES, PARENTS ET AMIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CLUZET  
*Professeur de Physique biologique*  
*à la Faculté de Médecine de Lyon*

A MES JUGES

A MES MAÎTRES  
DE L'ÉCOLE DE SERVICE DE SANTÉ MILITAIRE  
DES HÔPITAUX ET DES FACULTÉS DE MÉDECINE  
DE BORDEAUX ET DE LYON



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

*Divinum opus, sedare dolorem.*

Quand on sait la variété, la multiplicité d'actions de toutes sortes que l'on peut produire en saturant les cellules de la peau, exactement au degré et à la profondeur qu'on veut, avec toutes les substances électrolytiques, on est surpris de voir la médecine rester à ses applications de surface, aux onguents et aux pommades qui n'agissent que superficiellement, et dont seulement une fraction infinitésimale peut pénétrer à l'intérieur.

S. LÉDUC. *Presse Médicale*. Septembre 1906.

Durant ces dernières années, aucune forme du traitement électrique n'a été si intensément appliquée que celle, connue comme « Médication ionique ». C'est seulement l'année dernière que l'absurdité de la prétention que ces médications pouvaient être introduites dans les tissus les plus profonds, et là exercer leur action spécifique, fut définitivement démontrée.

W.-J. TURREL. Histoire de l'Electrothérapie, 1920. *Journal de Radiologie et d'Electrothérapie*.

C'est dans ces deux textes évidemment contradictoires que nous allons essayer de trouver les éléments de la thèse que nous soumettons à votre bienveillante et indulgente attention.

Mais tout d'abord, nous devons donner quelques explications sur les motifs qui ont déterminé le choix de notre sujet; choix qui, pour ceux qui nous ont précédé, comme pour nous, n'a pas été fait sans longues méditations, sans nombreuses hésitations, et non plus sans inquiétude.

Lorsqu'en effet, arrivé à la fin de sa dernière année d'études, l'étudiant en médecine voit se présenter à son esprit mille sentiments divers dont le moindre n'est peut-être pas, quoiqu'il en paraisse, le doute sur sa future valeur professionnelle; il est amené à chercher parmi tous les champs d'action qui s'ouvrent à lui, celui dans lequel il pourra le mieux développer les connaissances qu'il a acquises pour atteindre le but que tous les médecins se proposent : supprimer ou diminuer la douleur, qui gêne ou empêche souvent toute thérapeutique, fait tant redouter au malade l'approche du chirurgien et la guérison qui peut résulter de son intervention.

Mais quel champ d'action choisir ? Cinq années d'études intenses et d'examens successifs à préparer n'ont pas permis à l'étudiant en médecine d'avoir une idée bien exacte de la branche médicale où l'appellent ses aptitudes. Il n'a pu qu'effleurer l'étude générale de « l'Art de guérir » et il reste indécis et anxieux. Aussi avons-nous rappelé à notre souvenir la partie de la médecine qui avait semblé retenir le plus notre attention, les maladies traitées que nous avions suivies avec le plus d'intérêt et nous avons choisi comme sujet :

« L'Introduction électrolytique d'ions anesthésiques ».

Et puis, nous pensons que ce choix était presque fatalement déterminé par nos goûts d'enfant et d'adolescent, car les sciences dites mécaniques, sinon mathématiques, nous ont toujours attiré. Le plaisir que nous procurait la physique, que nous donnaient et nous donnent encore nos essais de téléphonie sans fil, explique notre choix. Nous nous souvenons du temps, **pas trop**

lointain évidemment, où avec un de nos bons camarades nous montions sur des planchettes notre premier poste. Quelle joie !

Depuis nous avons suivi les découvertes, on peut dire journalières, de cette science et nous avons essayé d'en tirer de profitables enseignements. Puisse la modeste expérience que nous avons pu acquérir nous aider dans nos études futures de l'Electricité Médicale.

Et maintenant que le Démon frondeur, compagnon traditionnel de tous les étudiants, s'évade de notre esprit comme exorcisé par le sentiment que nous venons d'acquérir de nos futures responsabilités et de nos futurs devoirs, il ne nous reste que le plus agréable mais aussi le plus difficile des devoirs à remplir ; agréable parce que le cœur est toujours heureux d'avoir l'occasion d'exprimer des sentiments de reconnaissance ; difficile, parce que les mots seraient pour nous trop peu nombreux pour dire pleinement combien nous remercions nos maîtres de leur complaisance, de leur accueil, des conseils qu'ils nous ont prodigués, de leur dévouement sans réserve.

Après avoir commencé nos études à la faculté de Bordeaux, où nous avons laissé une grosse dette de reconnaissance, surtout envers MM. les Professeurs Réchou, Cruchet et Villemin.

En arrivant à la faculté de Lyon, nous avons eu le plaisir d'être l'élève de M. le Docteur Bériel, chez qui la physique, qu'elle soit médicale ou non, tient une si grande place. Puis dans le service de M. le Docteur Gaté, dont la parole est si facile et si claire, nous avons été initié à la dermato-vénérologie. Son service, large-

ment ouvert aux étudiants, nous a permis de faire quelques essais de la thérapeutique que nous préconisons, et le soutien moral et actif que nous ont prodigué ce maître et son interne : M. le Docteur Michel, nous a certainement été d'un grand secours.

Nous nous rappellerons toujours l'accueil que nous firent M. Cluzet, professeur de physique médicale, et son assistant, M. le Docteur Badin, les longues heures passées à travailler ou à fureter dans les laboratoires nous ont montré et les difficultés et les beautés de cette science, qui fit et qui fera encore beaucoup de victimes.

L'enchevêtrement des fils de toutes sortes, de toutes couleurs et de toutes dimensions qui forme le plafond du laboratoire personnel de M. le Professeur Cluzet, nous a paru, la première fois que nous y avons été admis comme un labyrinthe dont le maître seul connaissait le secret et nous avons eu le plaisir, sous sa direction, de reconnaître les fils directeurs de l'art qui nous plaît tant.

Ab imo pectore : merci à tous ceux qui nous ont aidé et soutenu.

---

## HISTORIQUE

---

En l'an 341 avant JésusChrist, Aristote (*Historia naturalis*, XXXII, chap. 1), écrit : « La raie électrique, ou poisson torpille, touchée par une baguette ou un harpon, même à distance, paralyse les muscles les plus forts et arrête la marche, si rapide soit-elle », et il fait allusion prophétiquement à la thérapeutique que l'on peut en attendre.

Mais, sans nous arrêter à cette pratique du « torpillage », reprise avec quelque succès en 1914-18 par le Docteur Vincent, l'idée de faire pénétrer des médicaments dans l'organisme au moyen de l'électricité remonte aux temps les plus lointains de sa découverte.

L'abbé Nollet, Privati à Venise, Verrati à Bologne, Bianchi à Turin, Winckel à Leipzig, Boze, sont des noms trop connus pour que nous nous étendions longuement sur leurs travaux ; et d'ailleurs, ces auteurs ne s'appliquèrent pas à obtenir une anesthésie.

Une date plus intéressante pour nous dans l'histoire de l'introduction médicamenteuse par l'électricité est celle de 1800, où Volta invente la première pile qu'il présente l'année suivante à Napoléon. Cette découverte per-

mit à Rossi, en 1804, de faire pénétrer du mercure à travers la peau dont l'épiderme avait été érodé par un vésicatoire. Fodera, en 1824, Fabre Palaprat, en 1830-40, publient leurs recherches et ce dernier, pour prouver que l'absorption était due au seul courant électrique, ne trouve rien de mieux que de mettre le produit à introduire dans le liquide excitateur des piles ; malgré cette pratique, il obtint quelques succès avec la quinine contre le paludisme. Homéopathes, triomphez ! Faraday, en 1833, étudie l'électrolyse et formule ses lois ; Klemke emploie l'iodure de potassium contre la scrofule et Has-senstein, en 1853, reprend le mercure contre la syphilis.

C'est seulement à cette époque que paraissent les premiers essais d'anesthésie par transport électrique.

Benjamin Ward Richardson, en 1858, produit le « narcotisme voltaïque » avec une solution de morphine au pôle positif, puis en 1859 en utilisant une application de onze minutes avec :

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Teinture d'aconit ..... | 10 gr.   |
| Extrait d'aconit .....  | 1 gr. 30 |
| Chloroforme .....       | 10 gr.   |

au pôle positif, il peut amputer la patte d'un chien sans douleur apparente, sauf en sciant l'os. Cet auteur opère ainsi pour l'extraction des dents, l'exérèse d'un nœvus chez un enfant et même pour la cure d'une hernie.

Mais Wagner démontre, peu de temps après, la non conductibilité du chloroforme, Walter affirme que l'insensibilité est due à l'absorption de ce même chloroforme, que le procédé est douloureux et détermine l'inflammation et la destruction de la peau, aussi Richard-

son retire lui-même ses conclusions relatives à la pratique de son anesthésie. Néanmoins, la voie reste tracée pour l'utilisation de l'ion aconitine dans les algies.

En 1886, Wagner et Corning utilisent le chlorydrate de cocaïne, Lewis Jones l'emploie aussi avant de traiter par l'électrolyse les nævi et les loupes du visage.

Il nous faut citer encore les noms de Reynolds, 1887, Foveau de Courmelles, 1890, Porst, 1899, Pont, thèse de 1899, sur la cataphorèse en art dentaire. Foulon de Chartres, dentiste lui aussi, se sert de cette méthode avant chaque avulsion dentaire.

Jusqu'à cette période, on appelait ce procédé cataphorèse, c'est-à-dire transport du pôle positif au pôle négatif, dans le sens supposé du courant électrique. Mais la théorie des ions a opéré une révolution dans l'explication des phénomènes; et, si dans la question du transport des ions, bien des particularités sont encore à élucider, la théorie d'Arrhénius, 1887, complétée par les travaux de Frankenhauser et de Leduc, reste le fil directeur des applications thérapeutiques.

Nous ne saurions passer sous silence la découverte de « l'électro anesthésie d'Araya », 1878, dont Leduc disait qu'il croyait proche la découverte de la loi électrique à laquelle obéit le phénomène de l'anesthésie et du sommeil. Mais cette découverte plutôt spéculative n'eut pas d'application pratique, du moins en ce qui concerne l'analgésie locale.

A partir de ce moment se succèdent d'une façon presque ininterrompue les travaux de Leduc, Gonzalez Quijano Sanchez, Guillemminot, Bourguignon, Weiss,

Delherm, Laquerrière, Lehmann, Friel, A. Strohl, Thieulin, Thibonneau, Zimmern, Nicolleau et Arvanitakis, mais ces auteurs trouvent moins leur place dans l'historique que dans le cours de notre travail, puisque leurs découvertes restent victorieuses, et que ce sont maîtres et travaux d'actualité.

---

## INDICATIONS DE LA MÉTHODE

---

Il convient, au début de notre travail, de répondre à une objection faite au moment de nos tous premiers essais. Cette objection est la suivante :

L'anesthésie par transport électrique est insuffisante pour les opérations un peu sérieuses, et inutile pour celles par trop superficielles. Mais, pour certains malades, plus particulièrement chez les sujets vagotoniques, la douleur, quoique légère, produit un réflexe vasoconstricteur qui se traduit par une pâleur soudaine, un état lipothymique pénible. Nous avons présent à la mémoire le cas de deux malades syphilitiques contagieux qui refusèrent énergiquement le traitement par piqûres, car, à chaque injection, ils avaient une syncope ; et ceci n'était pas dû au liquide injecté, la prise de sang avait déterminé chez eux le même état syncopal. Il est possible que ces malades auraient accepté le traitement s'il n'avait entraîné pour eux aucune douleur.

« L'analgésie des téguments n'est pas une vaine précaution. Nous devons, dans la mesure du possible, réduire la douleur, plus particulièrement chez les sujets

nerveux, impressionnables ou affaiblis par la maladie. J'ai souvent constaté que le médecin n'est pas le dernier à réclamer pour lui-même une bonne analgésie quand il est soumis à l'épreuve (R. Lutembacher, *Bulletin médical*, 1927).

De nombreuses tentatives ont été faites pour diminuer la douleur. Le simple tampon d'ouate imprégné d'éther donne une analgésie réellement insuffisante et une odeur désagréable pour une salle de consultations.

Les applications de cocaïne, de liquide de Bonnin, si elles sont très efficaces sur les muqueuses, n'ont aucune pénétration à travers la peau saine.

Le cryophore préconisé par R. Lutanbacher utilise la réfrigération par un mélange de glace et de sel, ou, à défaut, un mélange de nitrate d'ammoniaque et d'eau à parties égales. Nous lui reprochons d'être d'un emploi assez difficile et de durcir la peau.

La neige carbonique donne une réfrigération trop brusque et détruit l'épiderme.

L'analgésie au chlorure d'éthyle est très bonne, mais durcit à un tel point les plans cutanés que toute intervention délicate devient un véritable tour de force.

L'injection hypodermique, outre la douleur de l'introduction de l'aiguille, produit un œdème qui peut être gênant pour l'intervention, et, en outre, comme cet œdème, par la compression qu'il exerce sur les terminaisons sensibles, entre pour une part dans la production de l'anesthésie ; une fois la section des tissus effectuée, le liquide s'écoule par les lèvres de la plaie et l'analgésie diminue. De plus la technique en est délicate pour l'anesthésie de la peau, parce qu'il s'agit de faire

pénétrer l'aiguille dans le derme et non dans le tissu cellulaire sous-cutané ; la production du « bouton dermique » et de la « bande de peau d'orange », de Reclus, entraîne les risques de s'égarer à un moment ou l'autre dans la profondeur des tissus sans effet pour l'analgésie.

Le transport électrique d'ions anesthésiques, au contraire, ne produit ni œdème, ni froid. Les ions analgésiques ne pénètrent pas profondément, il est vrai, mais comme il n'y a pas introduction, mais substitution d'ions nouveaux aux ions normaux de l'organisme, l'élimination des substances introduites est lente et n'est pas subordonnée à la section des tissus.

Le médicament ioniquement introduit est retenu dans la substance cellulaire après que le courant a cessé d'affluer et il arrive à trouver autant de difficultés pour sortir qu'il en aurait à entrer par n'importe quel moyen chimique dépendant d'un échange osmotique. Ce fait est illustré par l'anesthésie locale par les moyens ioniques. L'effet est extrêmement local et de plus longue durée que quand on emploie l'injection hypodermique. (Harold H. V. Cross Stafford, U. S. A., in *Presse Médicale*, 1928, page 373).

D'autre part, les médicaments ainsi introduits offrent des effets en quelque sorte exaltés, l'activité à très faible dose des agents introduits par voie ionique est un fait très singulier, de même que la façon toute particulière dont se comporte leur élimination urinaire qui est toujours retardée (Gidon).

Les applications de la méthode sont nombreuses : anesthésie de la peau saine, incisions, ponctions, pneu-

mothorax artificiel. biopsies, nævi avant électrocoagulation ou électrolyse, lupi avant scarification, enfin tout emploi du bistouri, du thermocautère, du couteau diathermique ou de l'anse galvanique sur la peau et sur les muqueuses.

---

## APPAREILLAGE

---

Le matériel nécessaire à la pratique de l'introduction électrolytique d'ions anesthésiques n'est ni compliqué, ni dispendieux ; il ne se compose que d'un courant convenable, de substances actives choisies et de quelques électrodes appropriées.

## COURANTS INDUSTRIELS

COURANT CONTINU. — Il paraît, à première vue, très commode de se servir du courant continu que nous fournissent, pour notre éclairage, les centrales électriques. Or, à moins que l'on ne dispose à demeure d'une installation particulièrement soignée, nous en proscrivons l'emploi pour les raisons suivantes :

Tout d'abord, il n'est pas rigoureusement continu : les personnes qui l'utilisent pour alimenter leur poste de T. S. F. connaissent bien les difficultés qu'il y a pour éliminer les ronflements désagréables du secteur. Au point de vue qui nous occupe, les variations incessantes du courant dit continu commercial se traduisent par

une accentuation du fourmillement ressenti et même par des contractions musculaires, véritables excitations faradiques si on opère au voisinage de nerfs moteurs superficiels. Cet inconvénient n'est en lui-même pas très sérieux, et il suffit, pour le faire disparaître, de disposer après le réducteur de potentiel un filtre à une seule cellule composé d'un self à deux enroulements de 50 Henrys environ et de deux condensateurs de 4 microforads disposés suivant la figure.

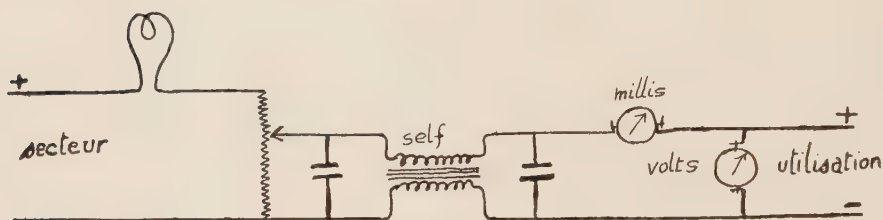


Fig 1

Plus ennuyeux, quoique peu grave encore, est le deuxième inconvénient. N'est-il pas d'observation courante de voir subitement l'éclat de vos lampes baisser d'intensité, voire même s'éteindre tout à coup. Or, le malade, qui se trouve intercalé dans le circuit comme une simple résistance, voit son traitement s'arrêter ou même ressent une commotion assez désagréable pour le faire douter des avantages de la méthode. C'est pour cette raison que le Professeur Nogier n'admet l'emploi du secteur que si les lignes de distribution sont souterraines et que si on est certain que l'usine génératrice est sérieuse, c'est-à-dire qu'elle n'interrompt pas le courant sans avoir prévenu.

Enfin, le courant industriel est dangereux. De nombreux auteurs ont montré les dangers de ce courant ; qu'il nous suffise de donner la statistique publiée en novembre 1915 par Zimmern et Istel des seuls accidents du travail dus aux courants industriels :

1907 : 571 accidents ;

1908 : 713 accidents ;

1909 : 778 accidents ;

1910 : 947 accidents ;

1911 : 1.057 accidents.

Quel doit être le chiffre en 1929 ! Le courant continu étant distribué par plusieurs lignes ayant entre elles une différence de potentiel de 110 volts et l'une d'entre elles étant à la terre, il s'ensuit que l'électrode active peut ainsi se trouver à plusieurs centaines de volts au-dessus du potentiel terre. Même dans le cas, favorable s'il en fût, où l'électrode ne serait qu'à 110 volts, ce voltage peut être dangereux, mortel même, si le malade touche avec une partie humide de son corps une partie métallique quelconque reliée au sol. Aussi faut-il de toute nécessité isoler le patient par des tabourets de verre, des tapis isolants ou tout autre procédé. La notion de voltage, qui impressionne le plus, n'est nullement le facteur spécifique du danger, puisqu'un courant de 10.000 volts peut laisser le sujet indemne et un courant de 100 volts amener la mort.

COURANT ALTERNATIF. — Il ne peut être question d'utiliser le courant alternatif brut de l'industrie ; mais, après avoir été convenablement redressé et filtré, ce courant a les avantages et les inconvénients du « continu », sauf le facteur danger qui est à peu près inexistant si

pour redresser les alternances on se sert d'un transformateur abaisseur de tension qui isole le malade du secteur proprement dit. On emploiera un filtre identique à celui qui nous a servi pour le courant continu et le système redresseur pourra comprendre soit un moteur synchrone, soit des soupapes à l'aluminium, au tantale, à l'oxyde de cuivre, soit une des différentes lampes valves du commerce.

A notre avis, la meilleure façon d'utiliser les secteurs d'éclairage des villes est de charger une petite batterie d'accumulateurs placée en tampon ; les variations légères du courant seront absorbées par cette batterie ; et, d'autre part, si le courant vient subitement à faire défaut, l'accumulateur se déchargera lentement à travers la résistance formée par le corps du malade sans que cette chute de tension soit ressentie par lui.

Voici deux schémas illustrant cette proposition : l'un utilisant le secteur continu et l'autre, isolé du secteur, l'alternatif supposé redressé par des soupapes au tantale.

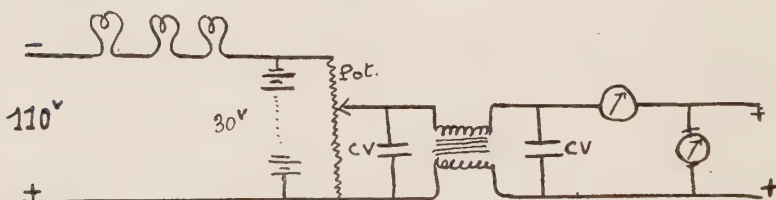


Fig 2.

Mais, puisque nous avons décidé de nous servir d'accumulateurs, pourquoi garder la suggestion du secteur ; augmentons légèrement la capacité de notre batterie et le courant ne nous servira plus que durant la nuit, pour recharger notre source d'électricité.

L'ACCUMULATEUR AU PLOMB est d'une surveillance **déli-**  
**cate**, surtout s'il est à formation artificielle, ce qui est le  
cas le plus fréquent. Il faut le charger à un certain ré-

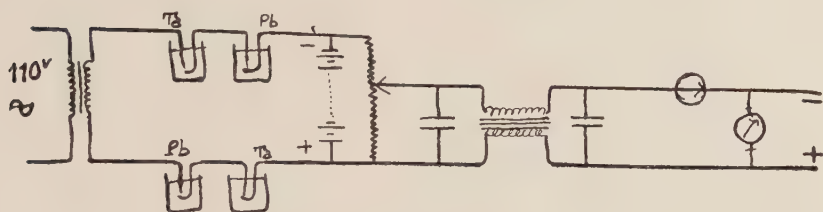


Fig 3.

gime : 1/10 de sa capacité, vérifier le niveau du liquide afin que toutes les plaques soient bien submergées, ne pas le laisser déchargé trop longtemps, ni le laisser descendre au dessous de 1 v. 8 par élément.

L'ACCUMULATEUR AU FER NICKEL est plus robuste ; il ne demande pour toute nourriture que du courant continu sans distinction d'ampérage ; il ne faudrait pas cependant le soumettre à des régimes trop exagérés. S'il est resté déchargé pendant six mois, s'il n'a plus de liquide, il suffit de le regarnir de solution de soude, de le laisser quelques heures sur le secteur, et il est prêt à rendre service. De plus, il a une durée presque illimitée, car il ne se sulfate point et il est léger, ce qui est commode pour un appareil qu'on voudrait portatif. Tous ces avantages ne vont point sans quelques défauts qui sont : son prix élevé, sa capacité faible par unité de surface et son peu de voltage : 1 v. 5 au lieu de 2 v. 2 par élément.

Nous considérons qu'une capacité de 1 ampère 5 est suffisante, quel que soit le genre d'accumulateur em-

ployé. Un débit de quelques millis, comme celui qui est nécessaire pour la pratique du transport électrique d'ions anesthésiques, peut être fourni pendant un nombre d'heures imposant et il est préférable d'avoir à recharger souvent sa batterie, ce qui a pour effet de la conserver en meilleur état et de la trouver toujours prête au moment de l'emploi.

LES PILES, quelles qu'elles soient, forment le moyen le plus pratique, c'est-à-dire le seul possible pour le praticien éloigné de tout secteur électrique et de tout centre de recharge. La simple pile de poche, par groupe de 6 à 8 montées en tension nous donne les 25 à 30 volts nécessaires pendant une durée assez courte, mais permet d'obtenir une vingtaine d'anesthésies, ce qui est loin d'être négligeable.

L'installation d'un médecin désirant pratiquer l'anesthésie par transport électrique peut donc être composée :

1° D'un redresseur de courant installé à demeure au domicile du praticien ; ou d'un tableau de charge constitué par des résistances, lampes à filament de carbone par exemple, s'il possède le continu. Pour mon compte personnel, j'utilise un redresseur de ma construction à lames de tantale qui me donne toute satisfaction ;

2° D'un appareil portatif comprenant, outre la source de courant, piles de poche ou accus au fer nickel, les appareils de réglage et de mesure, les électrodes et les solutions nécessaires. Cet appareil peut contenir dans une petite valise, ce qui le rend léger, propre, peu encombrant, pratique en un mot.

## APPAREILS DE RÉGLAGE ET DE MESURE

“ Nous ne parlerons que pour mémoire des collecteurs d'éléments qui donnent autant de secousses successives que l'on prend d'éléments, secousses aussi désagréables pour le malade que la mise en circuit du voltage total.

Les rhéostats, qu'ils soient solides ou liquides, donnent aussi au départ un léger choc et ne présentent aucun avantage sur les réducteurs de potentiel auxquels nous allons nous arrêter.

En effet, cet appareil donne une graduation presque insensible de l'intensité ; il augmente chaque fois le courant de la différence de potentiel entre chaque spire ; or, comme ces derniers sont au nombre de deux à trois cents minimum, l'à-coup n'est pour 30 volts que de  $1/10$  de volt environ, insensible pour le patient. On ne peut lui reprocher que sa consommation qui, pour un poléto-mètre de 1.500 ohms, toujours sous le même voltage, n'est que de 20 millis ; très supportable même pour la petite pile de poche. Mais, par prudence, nous ajouterons à notre appareil un inverseur qui permettra de couper le circuit quand nous ne nous en servirons pas. Les appareils de mesure seront réduits au minimum : un bon milliampérémètre, gradué de 0 à 20, est indispensable, car l'anesthésie se produisant peu à peu, le malade ne se rend plus compte des brûlures que peut lui occasionner une densité de courant trop forte. Il peut être aussi utile de se munir d'un voltmètre qui permettra d'évaluer le degré de charge des accumulateurs ou le degré de vétusté des piles.

## ÉLECTRODES

L'électrode négative, indifférente, sera composée d'une plaque de métal facilement modelable, de 100 cm<sup>2</sup> environ, recouverte d'une forte épaisseur d'ouate et d'une lame de tissus, le tout abondamment humidifié par une solution de chlorure de sodium à 7 0/00. L'électrode active peut être plastique ou spongieuse. Nous n'avons pas l'expérience des premières, car, nous étant très bien trouvé des autres, nous n'avons pas jugé nécessaire d'en changer. Nous formons notre électrode active d'un gros crayon de charbon pour arc voltaïque que nous coiffons de plusieurs couches d'ouate hydrophile lavée à l'eau distillée et d'une enveloppe de gaze. Le courant est amené par l'extrémité libre du charbon au moyen d'une pince métallique. Une telle électrode est simple, maniable, peu coûteuse et peut être changée après chaque opération, ce qui permet de n'introduire que le minimum d'ions parasites. Les pressions sont bien réparties ; le maximum de pression, qui est aussi le maximum de densité du courant, se trouve au centre de l'électrode que l'on place au centre de la lésion à traiter et non à la périphérie comme dans beaucoup d'autres électrodes.

Les électrodes plastiques ont pour but de régulariser la qualité du courant ; celle en terre glaise, d'Apostoli, est le type du genre.

On a utilisé la gélatine (Friel), puis la diadermine, proposée par le Docteur Gireaudeau. C'est un stéarate double de soude et d'ammoniaque émulsionné dans la glycérine. Elle aurait comme propriété de donner un

contact parfait, de permettre le dosage des ions introduits, car on ne met dans cette crème que la dose exacte du produit que l'on désire introduire, et elle supprime la plupart des ions parasites, vu la petite quantité d'eau distillée employée. Mais elle est d'une préparation délicate et nécessite avant toute intervention le nettoyage et la stérilisation des tissus sur lesquels elle a été appliquée.

---



## CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES SUR L'INTRODUCTION ÉLECTROLYTIQUE MÉDICAMENTEUSE

---

Cataphorèse, ionothérapie, ionisation, introduction diadermique, tels sont les différents noms qu'a portés la méthode, en suivant les évolutions théoriques du phénomène de transport des médicaments au moyen de l'électricité. Nous lui garderons le nom, donné par Zimmermann, d'introduction électrolytique médicamenteuse, ou plus spécialement d'ions anesthésiques, car il est évident que l'ion Hcl du chlorhydrate de seurocaine n'entre pour rien dans l'analgésie donnée par ce corps. La cataphorèse n'est plus que du domaine de l'historique ; on a voulu lui donner une note d'actualité en lui faisant jouer le rôle du transport de l'eau au pôle négatif, expliquant ainsi l'œdème produit. En réalité, A. Zimmermann a détruit cette conception dans sa communication à l'Académie de Médecine du 17 janvier 1928, en montrant, avec des expériences, que les quantités d'eau entraînées par les ions croissent avec la concentration du sel, tandis que le nombre de molécules d'eau transportées par électrosmose ne commence à devenir appré-

ciable que pour des solutions très faibles, et notamment pour les solvants purs.

Nous admettons, sans nous étendre plus longuement, la réalité de la pénétration des ions à travers la peau saine. Les expériences de Munck, 1873, Leduc, Ensh, et la recherche dans les urines des produits électrolytiquement introduits sont des preuves difficiles à réfuter. Mais les esprits divergent sur le point de savoir quelles sont les voies de pénétration des ions.

D'après A. Richaud, l'épiderme intact et sain est une barrière protectrice pour l'organisme ; sa structure est adaptée à un rôle de défense contre les variations de température, contre les médicaments et les poisons. Mais, à travers cet obstacle, une multitude d'orifices, les abouchements des glandes offrent des points faibles naturels par où passeront de préférence le courant électrique et les ions introduits sous son influence. Leduc et son élève Gonzalez Quijano Sanchez, Bourguignon, Guillemillot, Laquerrière (*Bulletin officiel*, octobre 26), admettent que les glandes seules offrent passage aux ions, et se basent, pour leur appréciation, sur les expériences faites avec certains produits colorés.

Tuffier et Mauté, après ionisation de trypanroth ou d'azotate d'argent, Ghilarducci, Leduc, après l'ion permanganique, et Ehrmann, après le bleu de méthylène, ont fait des coupes dans la peau et ont montré que seuls les orifices glandulaires étaient colorés. Mais, pour leurs démonstrations, ces auteurs se sont servis souvent non pas d'ions, mais de grains colloïdaux ; d'autre part, certains ions ont des dimensions telles que les orifices glandulaires seuls leur offrent une voie de pénétration

suffisante. Laquerrière (*Bulletin officiel*, 1924, avril), dévolue aux glandes le plus grand rôle dans la voie de pénétration, mais ne nie pas que l'épiderme sain puisse livrer passage au courant et en donne pour preuve le fait que le gros ion cocaïne paraît se loger dans l'épiderme qui ultérieurement s'exfolie. Strohl est aussi de cet avis, et c'est à eux que nous nous rallierons. Si dans un récipient au fond irrégulier nous plaçons de l'eau boueuse, après un repos suffisant nous trouverons les dépressions remplies de particules solides alors que les parties surélevées n'en présenteront qu'une très légère couche. Cette comparaison, aussi grossière que la matière qui nous a servi à la construire, fait comprendre ce qui se passe au niveau de la peau ; les orifices glandulaires sont bourrés d'ions alors qu'une partie seulement passe par les légers interstices de l'épiderme.

Divers facteurs s'opposent à la pénétration en profondeur de l'ion ; en premier lieu, la résistance du corps humain au courant électrique. Les anciens auteurs avaient cru que la peau était la partie du corps la plus résistante. Les travaux de Strohl ont montré qu'en réalité ce tissu n'entraîne que pour une partie relativement faible dans la résistance totale, mais par contre avait un rôle prépondérant dans la genèse des forces contre-électromotrices de polarisation.

Si l'on effectue une introduction électrolytique avec un courant à voltage constant, on remarque (Leduc) que l'intensité augmente d'abord rapidement après la fermeture du courant, puis plus lentement pour tendre vers un maximum qui n'est que relatif, car, si on augmente le voltage, il se produit une nouvelle augmenta-

tation, atteignant aussi progressivement une deuxième valeur maxima plus élevée que la précédente ; et on arrive, au bout de plusieurs augmentations de voltage, à tendre vers ce maximum absolu.

Les variations de la résistance étant en sens inverse de celles de l'intensité d'après la loi  $E=IR$ , Leduc explique cette diminution de la résistance par la pénétration des ions dans un milieu qui en était primitivement assez pauvre ; et la forme de la courbe, sa tendance vers un maximum, par l'arrêt de cette progression ironique.

Mais les recherches de Strohl, Weiss, Bourguignon, Gildemeister, Chanoz, Cluzet, ont montré que les variations de la résistance du corps humain dépendaient aussi de la valeur d'une force contre-électromotrice de polarisation que l'ergsimètre de Strohl a permis de mesurer avec une très grande précision. Cette force n'est produite que par le courant continu, ce qui explique que la résistance du corps mesurée au moyen du courant alternatif et d'induction, soit bien inférieure comme valeur à celle mesurée par le continu. La valeur de cette force, qui se détruit très rapidement après le passage du courant, avait été jugée assez faible, un dixième du voltage de la source ; mais, par des méthodes précises d'opposition et à l'aide de l'ergsimètre permettant de la mesurer moins d'un centième de seconde après la fermeture du courant, Strohl l'estime dépasser, dans certains cas, les quatre cinquièmes du voltage polarisant. Cet auteur conclut que les modifications de la conductibilité sont en majeure partie, sinon en totalité, en relation avec la force contre-électromotrice engendrée par l'action polarisante du courant sur les tissus. Sans être aussi

affirmatif, nous pensons que ce phénomène entre pour beaucoup dans la genèse des difficultés auxquelles nous nous heurtons pour faire pénétrer des substances dans le corps humain.

Quant au mécanisme même de cette polarisation : « Dans l'état actuel de nos connaissances, toutes les hypothèses que l'on peut émettre pour essayer de préciser les conditions de cette polarisation, la nature des capacités où s'accumule l'électricité, leurs relations avec les résistances intérieures ainsi que les différents schémas proposés dans le même but, ne peuvent être discutés utilement faute d'une base expérimentale assez solide. » (A. Strohl).

Ce qu'il faut retenir de ces données, c'est que la force contre-électromotrice s'oppose à la pénétration ionique et comme elle se décompose en polarisation du corps humain et polarisation des électrodes ; nous avons sur cette dernière une légère action que nous verrons avec l'étude des différentes solutions anesthésiques.

Au point de vue de sa perméabilité au courant électrique, le corps humain se compose de substances colloïdes et graisseuses, peu ou pas conductrices, et de substances salines dissoutes assimilables à une solution électrolytique. La présence de colloïdes entrave le mouvement des ions et, là, réside, d'après Leduc, la principale cause de la résistance si élevée présentée par certains tissus comme la peau ; car, à travers les membranes colloïdes, les gros ions ont des difficultés à passer, et quand il y a plusieurs ions, les plus petits prennent une place prépondérante et subissent les déplacements les plus considérables.

D'autre part, si nous faisons passer un courant à travers un tube rempli de couches de gélatine de conductibilité différente et imprégnées de teinture de tournesol neutre, nous constatons, après un certain temps de passage du courant, que la teinture a réagi à chaque surface de séparation, rouge d'un côté, blanc de l'autre. Il y a donc des ions qui sont redevenus atomes, puisqu'ils ont repris les caractères les uns de base, les autres d'acide, ce qui les rend inaptes à être influencés par le courant. C'est ce qu'on appelle les pôles secondaires de Weiss. Or, nous sommes très ignorants des circonstances qui amènent cette transformation d'ions en atomes. « Il y aurait sans doute là une étude à poursuivre pour orienter le thérapeute dans le choix des corps avec lesquels il pourra pratiquer le plus efficacement le traitement par l'ionisation. » (A. Strohl).

Après avoir pénétré à travers l'épiderme, l'ion rencontre une nappe vasculaire où il pénètre de préférence, car la solution saline qui compose le sérum sanguin offre un passage aisé au courant. Mais cette dissémination des ions localement introduits n'est pas d'un effet important pour notre cas, puisque les extrémités nerveuses sensibles se trouvent en majeure partie situées soit à proximité, soit au-dessus de ce réseau vasculaire.

De multiples obstacles s'opposent donc à la pénétration des ions dans la peau, et comme nous sommes à peu près désarmés pour les combattre, nous sommes obligés, pour élever, sinon la quantité du produit transporté, du moins la valeur de l'anesthésie obtenue, de rechercher parmi les différents analgésiques celui qui agit

à la dose la plus faible ; en quelque sorte, il faut employer l'anesthésique local idéal qui, d'après Braün, est celui qui remplit le mieux les conditions suivantes :

1° Se combiner physiologiquement avec l'adrénaline ; ceci n'a aucune importance pour nous puisque nous n'utilisons pas le mélange des deux corps ;

2° Etre soluble dans l'eau ;

3° Ne pas donner d'irritation des tissus et se résorber sans laisser de traces ;

4° Donner une imprégnation rapide des muqueuses ;

5° Avoir une toxicité peu élevée par rapport au pouvoir anesthésique.

Passons au crible les différents produits que nous fournit la chimie.

L'orthoforme est peu soluble dans l'eau.

L'anesthésine n'est soluble que dans la glycérine et l'acide phénique.

La cocaïne et ses sels, chlorydrate, citrate, bromhydrate, oxalate, horate, ont tous l'inconvénient de laisser une pigmentation durable en se résorbant, le phénate a en plus le défaut d'être insoluble.

Le chlorydrate de tropacocaïne a un pouvoir anesthésique assez faible.

L'eucaine  $\beta$ , supérieure à l'eucaine  $\alpha$ , découverte par Merling, est tombée dans l'oubli, de même que l'acoïne et que l'egkaïne de Braün.

Ce n'est qu'après la découverte d'anesthésiques synthétiques comme la novocaïne, la syncaïne, la scurocaïne, l'allocaïne, que l'anesthésie locale a pu reprendre

son essor arrêté par les accidents de la cocaïne et de ses dérivés. Mais si ces produits, sous forme de chlorhydrate, sont maniables et peu toxiques, leur pouvoir analgésiant est plus faible surtout en introduction électrolytique.

Différents auteurs ont remarqué que l'alcalinité du milieu a une influence sur le pouvoir anesthésique de la novocaïne et de ses sels : il serait d'autant plus complet et plus durable que le milieu serait plus alcalin, jusqu'au moment où la base précipite, et Gros, vers 1910, fut amené à penser que la base libre est plus active que ses sels. Mais celle-ci n'est que très peu soluble dans l'eau, et comme nous ne pouvons l'employer, nous sommes obligés d'utiliser les sels d'acides faibles, facilement dissociables.

D'autre part, R. Thieulin, ayant remarqué que le chlorhydrate de syncaïne diffusait beaucoup plus lentement que le bicarbonate, a étudié le passage à travers des membranes ricinées ou licithinées des chlorhydrate, sulfate, tartrate, acétate, bicarbonate et borate de syncaïne. Cet auteur s'est servi de sacs ricinés à 7 0/0 ou licithinés à 15 0/0 et d'une solution à 5 0/0 ou 1 0/0 d'un de ces sels. Il dialyse vingt-quatre heures dans des récipients étroit, contenant 50 cc. d'eau distillée, puis évapore à sec ces 50 cc., dessèche sur chlorure de calcium et par pesée obtient le poids de base diffusée, car, dans ces différentes expériences, il n'a jamais pu déceler de traces d'acide dans le liquide dialysé ; seule la base, anesthésique, traverse les membranes.

|                    | Membranes ricinées<br>sol. à 5 % | Membranes licithénées<br>sol. à 1 % |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Chlorhydrate ....  | 1 mmgr.                          | 3 mmgr.                             |
| Sulfate .....      | 3 »                              | 3 »                                 |
| Tartrate .....     | 4 »                              | 6 »                                 |
| Acétate .....      | 9 »                              | 24 »                                |
| Bicarbonâtes ..... | 63 »                             | 38 »                                |
| Borate .....       |                                  | 49 »                                |

La quantité de base diffusée augmente donc au fur et à mesure que le degré de dissociation électrolytique des acides diminue, et on voit que cette augmentation de vitesse de diffusion correspond à l'action physiologique plus intense remarquée précédemment.

D'autres facteurs doivent s'ajouter pour en faire le produit parfait pour l'utilisation que nous lui destinons. Il doit être stable, du moins à la concentration employée, ce qui n'est pas toujours aisé avec des acides faibles qui laissent souvent déposer des cristaux inutilisables de novocaïne base ; et ensuite posséder la cinquième propriété décrite par Braün : être peu toxiques.

Ces considérations théoriques et physiologiques ont amené les chimiothérapeutes à produire de nouvelles substances dont nous allons parler maintenant.

Nous n'avons pu essayer ni la psicaïne, découverte par Willstaetter, Wolfs et Maeder, qui est de la pseudo-cocaïne droite dont on emploie le formiate et le tartrate ; ni le SF 107 Sandoz ou para-amino-benzoate de diéthylamino-méthylpentanol, qui est deux fois et demie plus toxique que la novocaïne.

Les deux sels sur lesquels ont porté nos essais sont :

Le benzoate de novocaïne, obligeamment fourni par

les Usines du Rhône. Ce produit est très soluble dans l'eau ; des solutions à 20 0/0 ont été conservées sans altération pendant plusieurs mois dans des flacons de verre blanc et sa toxicité est plus faible que celle du chlorhydrate de scurocaïne.

La carbaïne, découverte par Vincent ; carbonate de l'éther paramino-benzoyl de diéthylamino éthanol, dont les laboratoires Clin nous ont envoyé de nombreux échantillons, est sept à huit fois moins toxique que le chlorhydrate de cocaïne et huit fois plus actif que le chlorhydrate de syncaïne. Il se conserve très bien en solution à 10 0/0 et au-dessous, mais à des concentrations plus fortes, il se sépare des cristaux de syncaïne base. Au point de vue pratique, les laboratoires Clin délivrent la carboïne en ampoules de 5 cc. à 5 0/0.

D'après Delberm et Laquerrière, les facteurs qui modifient la vitesse des ions sont : d'abord la température, dont l'élévation amène un cheminement plus rapide du produit ; en pratique, ce facteur est laissé de côté, la température de la solution étant rapidement amenée à la valeur fixe du corps humain. La vitesse de pénétration ionique est d'autant plus grande que la différence de potentiel est plus élevée ; en pratique, elle est proportionnelle à l'intensité, car la résistance est constante. Mais l'intensité ne peut être élevée au-dessus d'une certaine limite que l'expérience a démontré être au voisinage de 2 millis par centimètre carré d'électrode. Il ne faut pas confondre vitesse de pénétration et dose de médicament introduit ; ce que l'on peut calculer au moyen de la loi de Faraday, c'est le poids des ions mis en liberté sous les électrodes ; quant à la valeur de ceux qui pénètrent,

aucun calcul, même au moyen des tables de Leduc, ne peut donner de résultat précis. Nous ne pouvons nous faire une idée de la profondeur de pénétration et du degré de saturation des cellules que par l'expérimentation et nous verrons plus loin combien ses résultats peuvent être trompeurs, dépendant d'un facteur personnel variable.

Il semble probable que plus nombreux seront les ions libres sous l'électrode active, plus importante sera l'introduction ; or, comme  $q = it$  coulombs, on peut faire varier à son gré les deux facteurs. Bourguignon a toujours préconisé les intensités faibles et les solutions plus concentrées. Strohl, au contraire, et pour des raisons encore mal élucidées, préfère les hautes intensités avec des durées d'application plutôt courtes.

A notre avis, pour éviter d'allonger les séances dans la mesure du possible, il nous semble utile d'employer comme valeur du courant le maximum compatible avec un bon fonctionnement ; la douleur et la notion des accidents possibles sont les seuls obstacles à l'élévation de l'intensité.

« La concentration des solutions qui imprègnent les électrodes n'a aucune influence sur l'introduction des ions et leur vitesse d'introduction, c'est-à-dire de l'intensité du courant. » (Leduc). Au point de vue théorique, l'introduction électrolytique dépend exclusivement du nombre de coulombs débités par la source ; mais, pratiquement, nous avons trouvé que, pour le benzoate de novocaïne, par exemple, une solution à 5 0/0 ne donnait guère de meilleurs résultats que le chlorhydrate de scurocaïne au même taux, tandis que si on

emploie une concentration plus forte, 15 et 20 0/0, les résultats sont très supérieurs.

L'avantage de l'emploi de solutions fortes est de diminuer la résistance des électrodes qui fournissent en plus grande quantité d'ions anesthésiques ; ceux-ci véhiculent le courant de préférence aux ions parasites, plus petits certes mais moins nombreux proportionnellement. Et, si pour ce sel neutre peu dissocié une solution faible à 1 0/0 est suffisante, pour un ion de forte taille, comme un anesthésique, il est préférable d'utiliser un taux plus élevé. C'est d'ailleurs l'avis de Strohl.

En définitive, si dans l'introduction électrolytique les lois de la physique nous donnent un des fils directeurs, l'expérience et la pratique doivent nous venir en aide pour nous diriger dans l'enchevêtrement des phénomènes physiques et biologiques qui la composent.

---

## OBSERVATIONS CLINIQUES ET RÉSULTATS

---

Les observations concernant la pratique de l'introduction électrolytique des ions anesthésiques ne sont pas nombreuses ; en effet, la simple affirmation, quelque détaillée qu'elle soit, du résultat d'une intervention, ne peut à elle seule faire pencher un praticien en faveur de la méthode. Comment contrôler une anesthésie ? Il en est de la douleur comme de toutes les sensations, le facteur personnel entre pour beaucoup dans la détermination des perceptions ; certains malades déclareront n'avoir rien senti d'une intervention ayant fait pousser à d'autres des cris déchirants. De plus, l'abolition de la douleur n'entraîne pas nécessairement l'abolition du tact ; Beau définissait l'anesthésie localisée un état d'insensibilité à la douleur coïncidant avec une conservation plus ou moins complète des autres sensibilités. Comment, pour le malade, faire la discrimination entre le tact et la douleur ; la peur est souvent mauvaise conseillère et ses indications trop mensongères.

C'est pour cette raison qu'il faut faire une éducation des malades, leur dire : Vous aurez la sensation qu'on vous touche, mais vous n'aurez aucune douleur. C'est ce que j'appellerai non point l'auto-suggestion détour-

nant l'attention du malade, mais le facteur psychique de l'analgésie qui, capable chez certaines personnes, comme les Fakirs de l'Inde, de se suffire à lui-même, exige chez les autres l'adjonction d'un ion anesthésique. N'est-il pas reconnu scientifiquement que l'état psychique a une influence marquée sur la valeur de la résistance du corps humain et n'a-t-on pas proposé la recherche de cette variation comme preuve de la culpabilité d'un individu par l'extériorisation de ses réactions psychiques.

Il n'est donc pas déraisonnable de penser que l'anesthésie électrique, avec ce qu'elle comporte de mystérieux pour le malade, donne une sorte d'influx nerveux aidant au passage du courant. Mais c'est, à notre avis, le seul facteur qui s'ajoute aux lois de l'ionothérapie pour procurer l'insensibilité. On a dit que l'opération était plus douloureuse que l'intervention qui la suit, et ainsi la ferait passer inaperçue. Il n'y a qu'à faire un essai sur soi-même pour se rendre compte de la fausseté de cette assertion ainsi que de la suivante : la coexistence de deux sensations différentes aurait pour effet d'amoin-drir l'impression isolée de chacune d'elles.

Essayant de nous dégager de toute idée préconçue, plaçons sur la face externe du bras l'électrode indifférente, sur la face interne l'électrode active et amenons très progressivement le curseur du potentiomètre du 0 vers le maximum. Dès le début, nous sentirons de légers picotements, comme si une touffe d'épingles nous frôlait, et cette sensation, d'abord égale aux deux électrodes, devient prépondérante au pôle négatif. A ce moment, l'aiguille du milliampèremètre marque à peine 1 milli pour une surface ionisée de 6 centimètres carrés.

A mesure que s'élève la densité du courant apparaissent des sensations de brûlure légère et de gonflement qui remontent vers la racine du membre. Ces effets diminuent pour devenir presque nuls cinq minutes après le début de l'application et l'insensibilité peut monter à 4, 5 et 6 millis. Nous nous arrêterons à cette dernière valeur et la maintiendrons fixe en ramenant de temps en temps le curseur du potentiomètre vers le 0.

Après une durée d'application d'un quart d'heure environ, enlevons les électrodes ; la peau se présente avec un aspect légèrement rosé, surtout à la périphérie de la partie traitée, et si on promène à sa surface une aiguille, le tact s'émousse brusquement à la limite du cercle coloré pour reprendre aussitôt après. La douleur est complètement abolie et on peut impunément procéder à une épilation et introduire des épingles dans le derme ; mais on ne constate d'analgésie ni à la température, ni au tact profond.

Quinze minutes après la fin de l'application apparaît un œdème situé autour des orifices pileux ; l'insensibilisation est encore très suffisante et ne commencera à disparaître qu'une demi-heure après la rupture du courant. La fin de l'anesthésie s'annoncera par de légers picotements qui dureront environ une heure. Au pôle négatif on constatera une légère rougeur sans œdème ni douleur.

Cet essai a été effectué avec du benzoate de novocaïne à 20 0/0 ; avec de la carbaïne à 5 0/0 on obtient les mêmes effets avec une rougeur et un œdème moins accentués ; l'anesthésie obtenue est plus complète et comporte aussi la thermo-analgésie.

Voici deux observations d'électro-cocaïnisation de la muqueuse pituitaire, empruntées à Maingot (*Annales des maladies de l'oreille et du larynx*, avril 1908) :

1° Volumineux éperon de la cloison du nez : application de 5 minutes avec 6 millis; aucune douleur ne fut ressentie pendant l'électrolyse qui suivit, alors que deux autres interventions avaient été très péniblement supportées par le malade après badigeonnage prolongé de la muqueuse avec une solution de Chlorhydrate de cocaïne à 1 pour 3.

2° Eperon de la cloison du nez gauche ; 7 millis pendant 8 minutes, sensation de chaleur et de chatouillement, puis électrolyse: aucune douleur locale, mais irradiations douloureuses au niveau d'une dent cariée et du maxillaire droit.

L'auteur emploie cette technique avec succès pour effectuer les résections des cornets, ponctions de sinus, paracenthèse du tympan, opérations sur la conjonctive bulbaire et palpébrale; et il écrit: « L'étude d'une technique meilleure particulièrement la construction d'un anode couvrant bien la région à analgésier, la substitution à la cocaïne d'un succédané plus diffusible, tels sont les points qui méritent de retenir l'attention. »

Moutard emploie avec succès depuis quatre ans la novocaïne à 1 %.

Zimmermann, Nicolleau et Arvanitakis publient la statistique des introductions électrolytiques pratiquées avec un succès complet: 4 électro-coagulations et 1 électrolyse de deux petits nævi, d'un placard de kératose et de deux plaques lupiques de la face, ces deux dernières n'avaient eu qu'une anesthésie imparfaite par injection

hypodermique. Ces auteurs estiment que la profondeur atteinte est de un demi-centimètre, car pour une biopsie ils ont pu faire enlever sans douleur un lambeau de peau cervicale de 3 cm. de long, 1 cm. de large et 0 cm. 5 d'épaisseur.

L'épilation est une opération longue et assez douloureuse; aussi les personnes qui, soit pour sacrifier à la mode, soit pour réformer une erreur de la nature, se confient au médecin afin qu'il leur enlève leurs poils superflus, doivent posséder une certaine dose de courage. A la clinique du Professeur Cluzet, après une anesthésie par transport électrique qui fut effectuée au début avec du chlorhydrate du scurocaïne, puis avec du benzoate, l'opérateur détruit le bulbe du poil au moyen de la diathermie sans fil. L'anesthésie obtenue n'est pas complète, car la région à traiter est vaste; en effet, il ne faut pas détruire plusieurs poils voisins sous peine d'escarre, mais l'hypoesthésie est suffisante pour permettre d'enlever sans douleur exagérée deux cents poils pendant une séance d'environ trois quarts d'heure. La malade, qui à chaque étincelle pousse un léger cri, ne déclare ressentir qu'une impression désagréable de tact profond et de chaleur. Si l'on songe que pour une telle intervention aucune méthode d'anesthésie n'est possible, on admettra que l'introduction électrolytique marque un réel progrès en faveur de ce qu'on peut appeler la chirurgie esthétique.

Mais ce n'est là qu'une de ses applications, et nous avons eu l'occasion de l'expérimenter plusieurs fois avant le traitement du lupus par scarification. Tout le

monde sait combien est pénible la sensation de déchirure profonde de cette intervention.

Nous ne donnerons que cette seule observation qui est le type dont les autres cas s'écartent très peu.

*Service de M. le Docteur Gaté*

M. E., 29 ans. Lupus de la face. Carbaïne à 5 %.

Il s'agit d'un lupus érythémateux comprenant le nez, entièrement envahi, et s'étalant symétriquement sur les deux joues en ailes de chauve-souris. La surface à scarifier ce jour s'élève à 20 cm<sup>2</sup> environ. Anesthésie avec un tampon de 5 cm<sup>2</sup> seulement (cause déficience de courant) promené sur la surface à traiter, pendant 15 minutes. Le maximum d'intensité supporté est de 6 millis, en raison du goût métallique très prononcé ressenti par la malade. Au début, sensation de fourmillement disparaissant au bout de 2 minutes pour faire place à une sensation de gonflement de la joue.

Scarifications : Disparition à peu près complète de la douleur avec conservation du tact; l'opération, très difficile les autres fois à cause des cris et des gestes désordonnés de la malade, devient possible sinon aisée et la patiente déclare préférer de beaucoup cette méthode aux applications de Bonnain qu'on lui faisait auparavant.

*Auto-observation de M. le Professeur Cluzet*

Intervention pour récurrence, après de nombreuses électro-coagulations successives depuis une dizaine d'années, d'une verrue de la face dorsale de l'index gauche au voisinage de l'articulation interphalangienne de la première phalange. Cette verrue a les dimensions d'une lentille et est saillante d'environ cinq millimètres.

Le 2 mai 1929 anesthésie par ionisation de Benzoate de Novocaïne à 20 %, durée 15 minutes. Electrode indifférente sous la face palmaire de la main, électrode active : tampon de 1 cm<sup>2</sup> imbibé de la solution anesthésique; intensité : 5 millis maximum.

Résultats immédiats : La sensation au tact persiste mais, pendant l'électrocoagulation sans fil, la douleur est supprimée ou du moins très atténuée lorsque l'aiguille électrode est profondément enfoncée. Tout autour de la verrue est apparu immédiatement un érythème très localisé, de la forme et de la dimension de l'électrode active, qui a duré quinze jours environ. Cet érythème est passé par la teinte violacée puis à la troisième semaine la peau a pris une teinte nécrosée, brun foncé, presque noire, le tout paraissant localisé au derme.

A la fin du mois la peau de la zone d'anesthésie est redevenue peu à peu normale et l'escharre résultant de l'électro-coagulation est tombée.

Le 14 juin la peau a revêtu un aspect de tissu de cicatrice; elle est fine, sans pli, sans poils et légèrement sans pigments.

Quels enseignements retirer de cette observation?

Tout d'abord que les succédanés de la cocaïne ne donnent pas, ni au point de vue de l'anesthésie, ni au point de vue des accidents locaux, les mêmes effets que cette substance. Leduc décrit ainsi l'action de la cocaïne : « L'anémie initiale est bientôt remplacée par une paralysie vaso-motrice dans toute la surface d'introduction; cette paralysie disparaît progressivement dans un intervalle de quelques semaines pour faire place à une tache pigmentée qui persiste plusieurs mois avec une atrophie marquée de la peau limitée à la surface d'introduction. » Nous n'avons trouvé, dans les quelques rares incidents

qui se sont produits au début de nos essais, que de l'atrophie de la peau, et à l'inverse de l'ion cocaïne une dépigmentation.

Quelle est la cause de ces accidents? Dans le cas présent, on pourrait peut-être incriminer l'électro-coagulation, mais comme le fait s'est produit sans cette intervention il faut bien le rapporter à l'anesthésie. La densité du courant était probablement trop forte: 5 millis par centimètre carré. En général, on ne donne son attention qu'à l'aiguille du milli, et tant qu'elle n'a pas dépassé la division 10 l'esprit est satisfait. En réalité, depuis que nous opérons avec une densité de 1 milli par centimètre carré, nous n'avons plus eu d'accident; et l'anesthésie a été toujours aussi bonne, il a suffi de faire durer un peu plus l'opération.

Dans tous les cas nous avons été frappés par les déclarations de nos malades qui prétendent conserver dans une certaine mesure la sensation du tact, et nous avons essayé d'en trouver l'explication dans la structure histologique des organes sensuels de la peau.

1° Epiderme couche du corps muqueux de Malpighi.

Réseau nerveux de Langerhans: douleur exclusivement.

Paniers de Poggioli ou terminaisons hédériformes: sensibilité superficielle de la peau.

2° Derme couche du tissu réticulaire et papillaire.

Corpuscules de Meissner organes du tact.

Expansions nerveuses annexées aux poils.

Paniers intra-épithéliaux de Ruffini.

3° Panicule adipeux sous-cutané.

Corpuscules ou organes de Pacini: sensibilité aux fortes pressions.

Organes de Ruffini: sens de la traction et de la déformation.

Organes de Golgi-Mazzonni: appréciation des pressions.

D'après ces données, il semble qu'on doit appeler **notre** méthode l'anesthésie épidermique; mais en réalité la profondeur de pénétration de l'ion anesthésique est plus grande. Le tact est considérablement diminué sinon aboli et on peut estimer à un demi-centimètre la profondeur à laquelle peut être porté l'instrument tranchant sans éveiller la moindre sensation locale; mais le tiraillement effectué sur la peau peut être ressenti à distance, le liquide ne diffusant pas et l'insensibilisation restant strictement localisée aux points d'introduction.

Comme dans toute méthode, quelques précautions doivent être prises pour obtenir de bons résultats. Avant toute application sur la peau saine, il est utile d'enlever l'enduit sébacé qui s'oppose au passage du courant par un bon savonnage et un lavage à l'éther. Un pansement humide laissé en place quelques heures permettra de ramollir la couche cornée de l'épiderme et formera ainsi des solutions de continuité utilisables par l'ion anesthésique; c'est surtout pour l'analgésie des verrues cornées que les produits émolients et kératolytiques **montreront** toute leur efficacité. Une vérification consciencieuse des pôles, de l'état de la batterie nous enlèvera tout aléa de ce côté. Les difficultés viendront surtout de l'électrode active; nous devons nous acharner à poursuivre les ions parasites, laver les tampons à l'eau bidistillée, em-

ployer des produits très purs. Les ionodoses de Zimmern marquent à ce point de vue un réel progrès. La pression de l'électrode sera autant que possible uniforme et l'intensité ne sera que très progressivement élevée; cinq minutes seront quelquefois nécessaires pour arriver au maximum supportable et encore sera-t-on obligé de le réduire si une éraflure de la peau, un bouton, une pustule se trouvent compris dans la partie à traiter. En aucun cas la densité du courant ne sera supérieure à 2 millis par centimètre carré.

Enfin, un point sur lequel à notre avis on n'a pas assez attiré l'attention: il faut largement humidifier les électrodes. Après un certain temps d'introduction, il se produit une évaporation normale de l'eau des solutions et une dessiccation provenant de ce qu'on a appelé la cataphorèse et de ce que Zimmern appelle l'hydratation des ions Na au pôle négatif. Si dans le cours d'une application on ajoute, surtout à l'électrode active, quelques gouttes d'eau distillée, on voit que l'intensité augmente souvent d'une valeur de un milliampère, ce qui peut être utile dans certains cas.

En résumé, les avantages et les inconvénients de la méthode sont:

Application facile, même par un médecin peu initié à l'électricité médicale.

Résultats certains, aucun échec à notre connaissance si on ne demande à la méthode que les services qu'elle peut rendre.

Pas d'accidents à redouter, du moins d'accidents généraux; l'introduction lente de l'ion anesthésique a l'avantage de préserver le malade des accidents synco-

paux qui surviennent parfois après l'injection sous-cutanée; l'émotion, l'effroi même joints à l'action vaso-constrictive du médicament provoquant une anémie cérébrale subite que l'alkaloïde seul n'eut pas suffi à produire. Il faut se rappeler que les anesthésiques locaux, qui sont en général très bien tolérés, peuvent chez quelques individus provoquer des troubles même à très faible dose; et, chose curieuse, des malades intolérants pour la nocovaïne peuvent très bien supporter la cocaïne, démontrant ainsi l'extrême électivité de ces idio-syn-crasies (Clément Simon).

Nous n'avons jamais observé ni connu aucun cas d'accidents généraux à la suite d'une introduction électrolytique. C'est le meilleur plaidoyer que nous pouvons donner en faveur de la méthode qui, si elle a des indications peut-être peu étendues, a au moins le mérite d'être complètement inoffensive.

---



## CONCLUSIONS

---

I. — La simple application externe de produits autres que ceux agissant par la congélation des tissus s'est montrée sans effet pour l'anesthésie locale de la peau.

II. — Dans les cas où l'injection d'une solution anesthésique n'est pas reconnue nécessaire et où néanmoins une insensibilisation serait souhaitable, il existe une méthode dite « Ionisation anesthésique » qui permet d'introduire les radicaux actifs de cette solution à une profondeur allant jusqu'à cinq millimètres et par là capable de produire une analgésie suffisante pour de petites interventions.

III. — Il nous a paru nécessaire de choisir parmi les substances anesthésiques les solutions de sels facilement dissociables en leurs éléments et dont l'usage a démontré l'inocuité. La carbaïne ou para-aminobenzoate de diéthylaminoéthanol carbonique et le benzoate de novocaïne, qui ont été essayés par nous, ont répondu à ces deux desiderata. Mais la chimie thérapeutique nous apportera sans doute encore d'autres produits dont l'utilisation sera plus parfaite.

IV. — L'appareillage au moyen de piles et d'accumulateurs, dont nous nous sommes servis nous-même, est très simple et peu onéreux; il met cette méthode à la portée de tout médecin désirant éviter dans la mesure du possible à ses malades la douleur d'une intervention si minime soit-elle.

V. — Les incidents et accidents que nous rapportons sont très rares si on les compare au nombre des interventions pratiquées. Ils doivent rester présents à l'esprit de l'opérateur qui les évitera en employant des produits purs et bien choisis, et en surveillant l'opération, spécialement en ce qui concerne la valeur de la densité du courant qui ne devra pas dépasser un milliampère par centimètre carré de surface. Ces incidents et accidents ne sont jamais graves; ils sont purement locaux, simplement désagréables lorsqu'ils siègent à la face ou en d'autres parties découvertes du corps.

Vu :  
Pour le DOYEN,  
l'Assesseur,  
ETIENNE ROLLET.

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,  
CLUZET.

*Vu et permis d'imprimer*

LYON, le 9 Octobre 1929.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,  
GHEUSI.

---

## BIBLIOGRAPHIE

---

- ARAYA. — L'inhibition électrique. Communication à l'Académie des Sciences, Paris, 1907.
- BENJAMIN WORD RICHARDSON. — *Medical Times and Gazette*, 12 février et 25 juin 1859.
- BOYER P. — Les anesthésiques locaux. *Journal de Médecine et de Chirurgie pratiques*, décembre 1928.
- BOURGUIGNON. — *Journal d'Electrologie et de Radiologie*, mai 1923.
- BRILLAUT. — *Thèse Paris*, 1906.
- CHASSARY. — *Thèse Montpellier*, 1908.
- CLUZET. — *Précis de physique médicale*, 1922.
- DELHERM et LAQUERIERE. — Ionothérapie électrique : actualités médicales. Comment faut-il envisager en pratique le rôle de l'ionothérapie électrique médicamenteuse ? *Journal de radio et d'électro*, 1915.
- DUBOST. — De la mesure de la conductibilité du corps humain en courants alternatifs de basse fréquence.
- ERB. — *Traité d'Electrothérapie*, 1884.
- FRANKENHAUSER. — Sur l'état actuel de l'ionophorèse. *Archives d'Electricité médicale*, 1913.
- GIRAUDEAU. — De l'emploi d'un électrolyte pâteux en ionisation. *Bulletin officiel de la Société Française d'Electro*, janvier 1928. — *Presse Médicale*, 1928.
- GUILLEMINOT. — *Electrologie, Radiologie*, 1912.
- GIDON. — Ionothérapie électrique. Editions des Laboratoires Clin.
- GONZALEZ QUIJANO SANCHEZ. — *Thèse Paris*, 1902.

- JONES H. L. — The principles of ionic medication, 1908.  
*Archives d'Electricité médicale*, 1910.
- LAQUERIERE. — L'ion des solutions électrolytiques d'après les théories modernes. *Journal de Radio et d'Electro*, 1924. — *Bulletin off.*, avril 1924, octobre 1926.
- LAQUERIERE et LEHMANN. — Les acquisitions récentes de l'introduction électrolytique dans le domaine médical. *Journal de Radio et d'Electro*, 1923.
- LUTEMBACHER R. — Le Cryophore. *Bulletin Médical*, octobre 1927.
- LEDUC St. — *Presse Médicale*, septembre 1906.
- Les ions et les médications ioniques.
  - Sur la résistance électrique du corps humain. *Annales d'Electro et de Radio*, 1908.
  - *Gazette médicale de Nantes*, 1894.
  - Premier Congrès international d'Electrologie et de Radiologie, 1900.
  - *Annales d'Electrologie*, 1903.
- MAWAS. — Un nouvel anesthésique oculaire: la Carbaïne. *Société d'Ophthalmologie de Paris*, juin 1927.
- MENDEL BRUKER. — *Thèse Paris*, 1917.
- MAINGOT. — Electro-cocaïnisation de la muqueuse pituitaire. *Annales des maladies de l'oreille et du larynx*, 1907.
- PADOVANI. — *Thèse Montpellier*, 1910.
- PONT. — *Thèse Lyon*, 1899.
- RECLUS P. — L'anesthésie localisée par la cocaïne, 1903.
- La Stovaïne. *Presse Médicale*, janvier 1906.
- SOURDEAU. — *Thèse Montpellier*, 1909.
- SIMON Clément. — Idiosyncrasie cutanéomuqueuse par la cocaïne. *Bulletin Médical*, 9 juillet 1927.
- STROHL A. — L'introduction médicamenteuse par l'électrolyse. *Paris Médical*, 1923.
- Sur la nature de la polarisation électrique des tissus vivants. *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 10 janv. 1928

- La conductibilité électrique du corps humain. *Thèse Sciences*, 1925.
- THIEULIN R. — Recherches sur le passage des différents sels de syncaïne à travers les membranes imperméables aux sels minéraux. *C. R. Société de Biologie*, 30 octobre 1920.
- THIBONNEAU. — Contribution à l'anesthésie locale par ionisation cocaïnique en art dentaire. *Bulletin officiel*, fév. 1928.
- TURREL W. J. — Histoire de l'Electrothérapie. *Journal de Radiologie et d'Electrothérapie*, 1920.
- VINCENT M. — Anesthésie cutanée par transport électrique de carbaïne. *Annales des Laboratoires Clin*, juillet-août 1928.
- Influence de l'acide combiné sur le pouvoir anesthésique des sels de para-amino-benzoyl-diéthyl-amino-ethanol. *C. R. Société de Biologie*, 1927.
- WAGNER et CORNING. — *Wiener Medizinische Blatter*, N° 6, 1886.
- ZIMMERN. — Eléments d'électrothérapie clinique. Action hydratante de l'ion Na et cataphorèse. *Société de Biologie*, 1927.
- Hydratation des ions en électrologie. *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 17 janvier 1928.
- Les ionodoses. *Bulletin officiel*, décembre 1927.
- L'introduction électrolytique des médicaments analgésiques. *Progrès Médical*, 8 juin 1929.
- ZIMMERN et ISTEI. — Accidents dus à l'électricité. *Journal de Radiologie et d'Electrologie*, novembre 1915.
- ZIMMERN, NICOLLEAU et ARVANITAKIS. — Anesthésie cutanée par ionisation avec la carbaïne. *Presse Médicale*, 23 mai 1928. *Bulletin Officiel*, février 1928. *Société de Dermatologie et de Syphiligraphie*, 10 décembre 1927. *Société Française de Radiologie et d'Electrologie*, 22 novembre 1927.

## TABLE DES MATIÈRES

---

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Historique.....                                                                  | 13 |
| Indications de la méthode.....                                                   | 17 |
| Appareillage.....                                                                | 21 |
| Considérations théoriques sur l'introduction électrolytique médicamenteuse ..... | 31 |
| Observations cliniques et résultats.....                                         | 43 |
| Conclusions.....                                                                 | 55 |
| Bibliographie .....                                                              | 57 |



